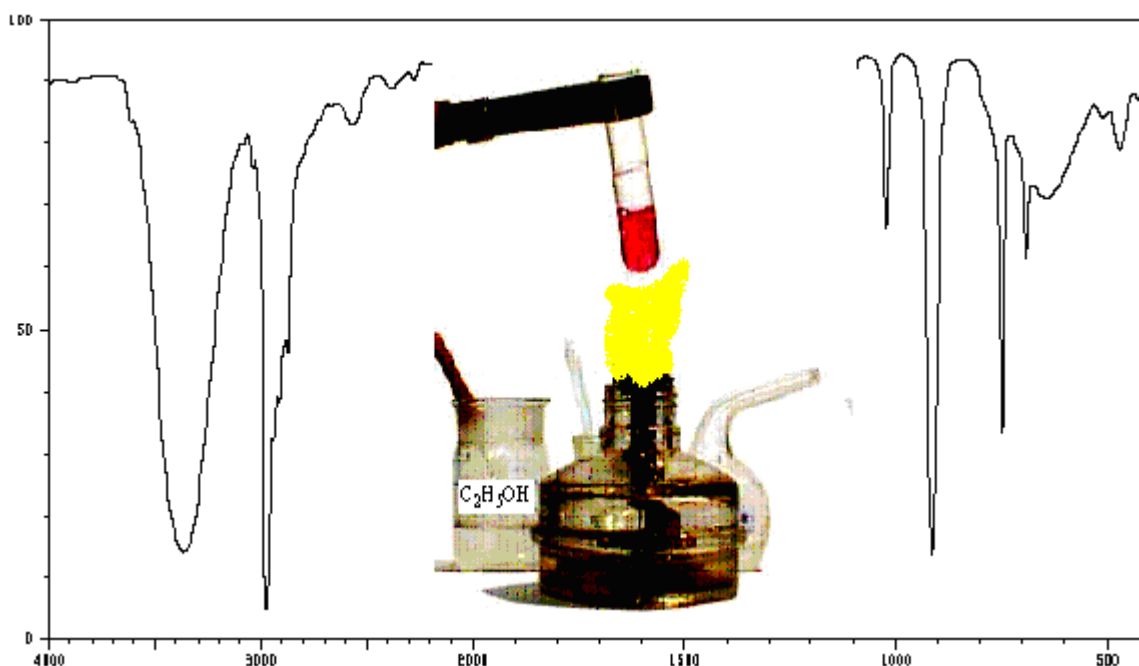


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ЗДРАВООХРАНЕНИЮ И
СОЦИАЛЬНОМУ РАЗВИТИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**КАЧЕСТВЕННЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ.
ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ.**
учебное пособие по биорганической химии
для студентов врачебных и медико-биологического факультетов



Томск

Сибирский государственный медицинский университет

2006

УДК 577.1:547:543](575)
К 309

Авторы-составители:

И. Л. Филимонова, М.С. Юсубов, Г.А. Жолобова

Качественный функциональный анализ. ИК-спектроскопия: Учебное пособие по биоорганической химии для лабораторной работы студентов врачебных и медико-биологического факультетов: - Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2006. - 21с.

Данное пособие предусматривает закрепление полученных знаний по определению основных классов органических соединений и формирование у студентов практических навыков в ИК-спектроскопии.

Рецензент:

профессор, д.х.н., заведующий кафедрой органической химии и технологии органического синтеза ТПУ – В.Д.Филимонов

Утверждено и рекомендовано к печати центральным методическим советом СибГМУ (протокол № 12 от 15.02.2006 г.)

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

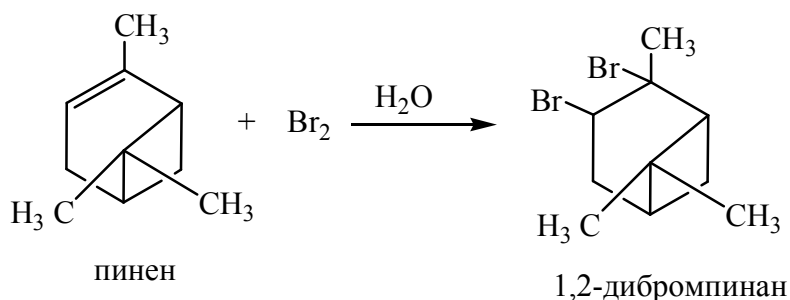
1. Во время работы в лаборатории соблюдайте правила техники безопасности, содержите в чистоте рабочее место, не загромождайте его посудой, реактивами, бумагой.
2. Работайте только в халатах.
3. Не пейте воду, не принимайте пищу в лаборатории.
4. Не выливайте в раковину остатки реактивов, кислот и щелочей. Сливайте их в специальную склянку.
5. Во время нагревания в пробирках жидкостей не направляйте устье пробирки на себя или соседа во избежание опасности выброса.
6. При работе с металлическим натрием не допускайте соприкосновения его с водой. Остатки натрия нейтрализуют спиртом.
7. Минеральные кислоты разбавляют приливанием кислоты к воде, **НЕ НАОБОРОТ**.
8. При попадании кислоты или щелочи на кожу, промойте пораженное место проточной водой, затем обработайте разбавленной уксусной кислотой – при ожоге щелочью или раствором бикарбоната натрия - при ожоге кислотами.
9. При попадании кислоты или щелочи в глаза необходимо промыть их большим количеством проточной воды, а затем разбавленным раствором бикарбоната натрия – при ожоге кислотами, или 1%-ым раствором борной кислоты – при ожоге щелочью.
10. В случае возникновения пожара немедленно вызвать пожарную охрану. До прибытия пожарных отключить вытяжную вентиляцию, гасить огонь песком, огнетушителями.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ТЕМА: ДОКАЗАТЕЛЬСТВО НАЛИЧИЯ ДВОЙНЫХ СВЯЗЕЙ В БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

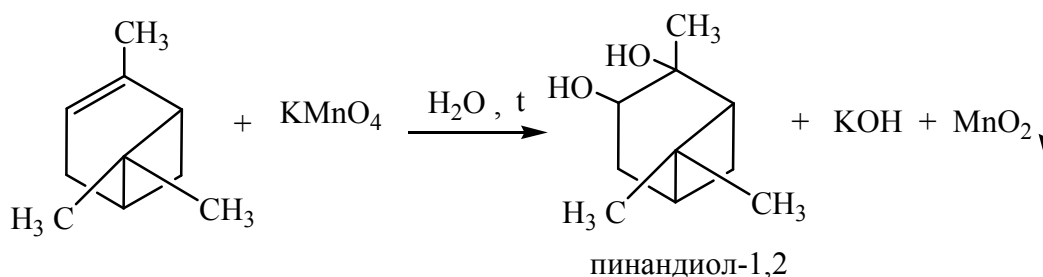
ДОКАЗАТЕЛЬСТВО НЕПРЕДЕЛЬНОСТИ ТЕРПЕНОВ

1. Реакция обесцвечивания бромной воды в пинене



Поместите в пробирку 2 капли бромной воды и 1 каплю пинена, являющегося составной частью скипидара, при встряхивании желтая окраска исчезает.

2. Реакция окисления двойной связи раствором перманганата калия



Поместите в пробирку несколько капель 2%-го раствора KMnO_4 и 5 капель воды. К полученному раствору розового цвета добавьте 1 каплю пинена. Розовая окраска переходит в бурую от выделившейся двуокиси марганца, которая выпадает в осадок.

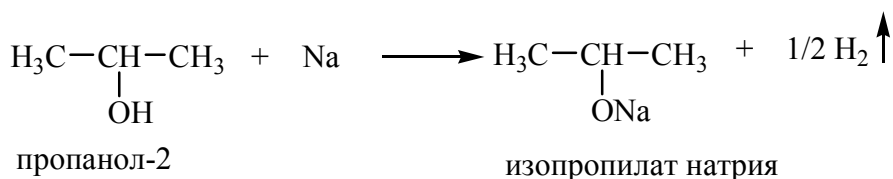
ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

1. Бромная вода
2. Скипидар (пинен)
3. 2%-ый раствор KMnO_4
4. Дистиллированная вода

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

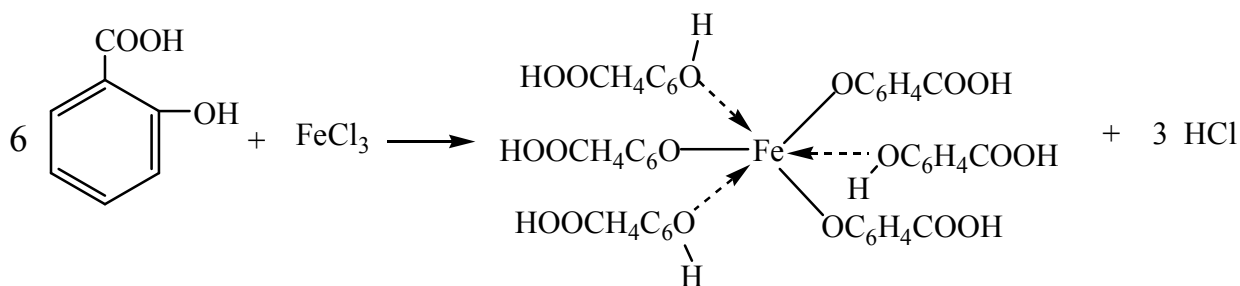
ТЕМА: СПИРТЫ, ФЕНОЛЫ, КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

1. Образование алкоголята натрия



В пробирку поместите маленький кусочек металлического натрия, добавьте 3-5 капель изопропилового спирта и закройте отверстие пробирки пальцем. Начинается выделение водорода. По окончании реакции поднесите к пробирке горящую спичку, уберите палец, водород воспламеняется, образуя колечко голубого цвета.

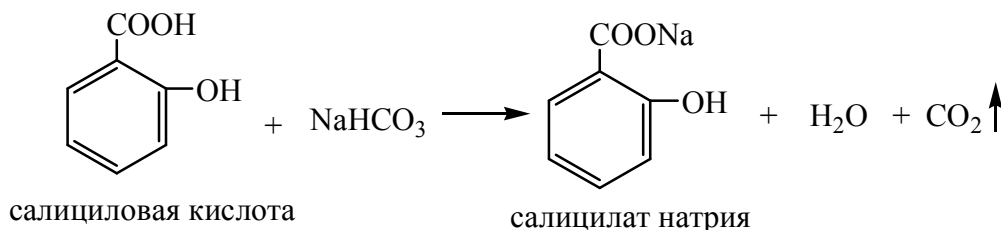
2. Цветная реакция на фенольный гидроксил в салициловой кислоте



Поместите в пробирку 1 мл раствора салициловой кислоты и добавьте 1-2 капли 2%-го раствора хлорида железа (III), появляется сине-фиолетовое окрашивание комплексного соединения железа с фенольным гидроксидом.

3. Реакция карбоновых кислот с гидрокарбонатом натрия (NaHCO_3)

Карбоновые кислоты вытесняют из гидрокарбоната натрия двуокись углерода.



В пробирку поместите 1 мл раствора салициловой кислоты и добавьте 2 мл насыщенного раствора гидрокарбоната натрия. При наличии гидроксильной группы выделяются пузырьки CO_2 .

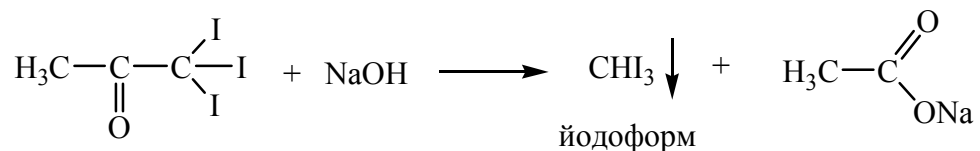
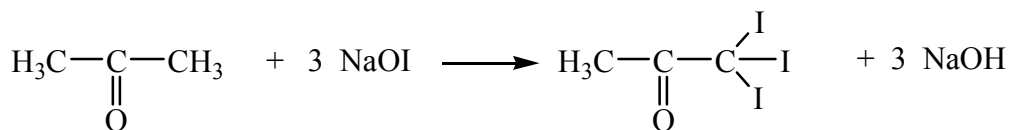
ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

1. Пробирки и штативы
2. Спиртовки
3. Na металлический
4. Изопропиловый спирт
5. 2%-ый раствор FeCl₃
6. Раствор салициловой кислоты
7. Насыщенный раствор NaHCO₃

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ТЕМА: АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

1. Открытие ацетона переводом его в йодоформ



Поместите в пробирку 1 каплю раствора йода в йодистом калии и 5 капель 10% раствора NaOH. К обесцвеченному раствору образовавшегося йодноватистого натрия добавьте 1 каплю раствора ацетона. Немедленно выпадает желтовато-белый осадок с характерным запахом йодоформа.

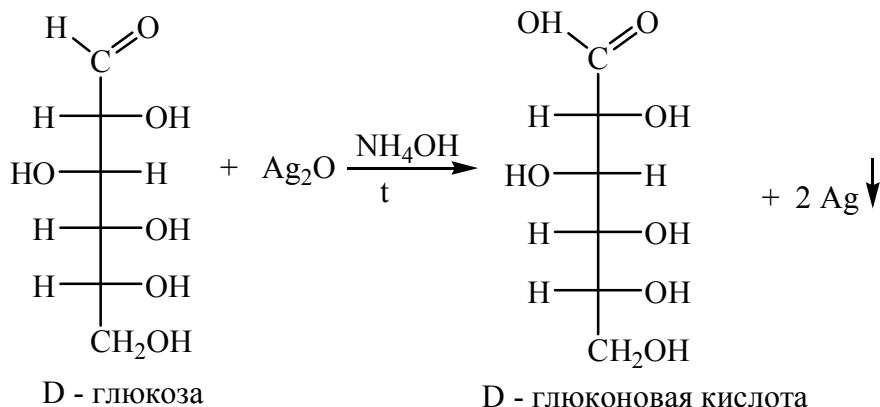
ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

1. Пробирки, штативы
2. Ацетон
3. Раствор йода в калии йодистом
4. 10%-ый раствор NaOH

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

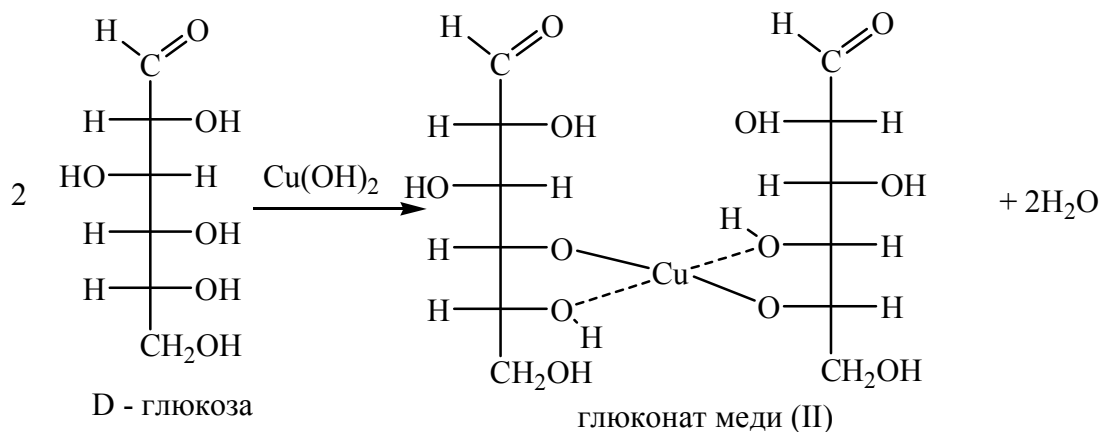
ТЕМА: УГЛЕВОДЫ

1. Восстановление аммиачного раствора оксида серебра глюкозой (реакция «серебряного зеркала»)



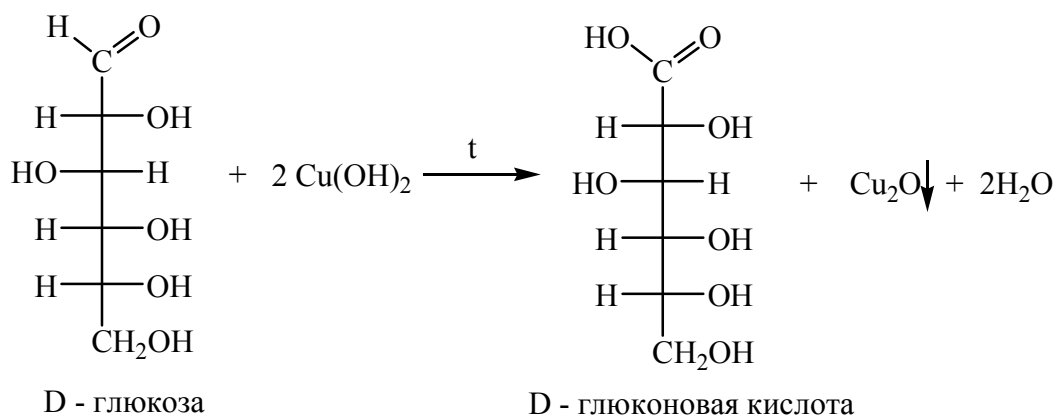
В пробирку поместите 4 капли 0,5%-го раствора глюкозы, добавьте 4-5 капель аммиачного раствора оксида серебра, пробирку слегка нагрейте, далее серебро выделяется на стенках в виде зеркального налета.

2. Доказательство наличия гидроксильных групп в глюкозе



Поместите в пробирку 1 каплю 1%-го раствора глюкозы, 6 капель 10%-го раствора NaOH и 1 каплю 2%-го раствора медного купороса. Образующийся в начале осадок гидрата окиси меди (II) немедленно растворяется с образованием прозрачного раствора хелатного соединения синего цвета.

3. Восстановление гидрата окиси меди глюкозой



К полученному в предыдущем опыте раствору синего цвета добавьте несколько капель воды и нагрейте до кипения. Синий цвет раствора меняется на оранжево-красный, так как образуется осадок оксида меди (I).

4. Доказательство наличия гидроксильных групп в сахарозе и отсутствие восстанавливающей способности сахарозы

Поместите в пробирку 1 каплю 1% раствора сахарозы, добавьте 1 каплю 10% раствора NaOH, 5-6 капель воды, 1 каплю 2% раствора CuSO₄. Получается раствор сахарата меди синего цвета. Полученный раствор осторожно нагрейте до кипения. Изменение в окраске раствора не происходит, что показывает на отсутствие восстанавливающей способности сахарозы.

ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

1. Спиртовка
3. 1% раствор глюкозы
4. 10% раствор NaOH
5. 2% раствор CuSO₄
6. Аммиачный раствор Ag₂O.
7. 1% раствор сахарозы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ТЕМА: ЦВЕТНЫЕ РЕАКЦИЯ НА БЕЛКИ И АМИНОКИСЛОТЫ

Существует два типа цветных реакций:

1. универсальные: биуретовая (на все белки) и нингидриновая;
2. специфические – только на определенные α -аминокислоты.

Например, ксантопротеиновая, на присутствие ароматических α -аминокислот в белке.

Цветные реакции на белки проводят с 10-ти % раствором яичного белка.

1. Биуретовая реакция

Поместите в пробирку 5 капель 10% раствора белка, добавьте 5 капель 10% раствора NaOH и 2 капли раствора CuSO_4

Появляется фиолетовое окрашивание, указывающее на наличие в белковой молекуле пептидных связей.

2. Ксантопротеиновая реакция

Поместите в пробирку 5 капель раствора белка, добавьте 3 капли конц. HNO_3 , осторожно нагрейте до кипения, появляется осадок желтого цвета, охладите и добавьте 10-15 капель 20% раствора NaOH, осадок окрашивается в оранжевый цвет.

ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

1. Пробирки, штативы
2. 10% раствор белка
3. 2% раствор CuSO_4
4. 10% раствор NaOH
5. конц. HNO_3
6. 20% раствор NaOH

Поскольку качественный функциональный анализ позволяет только предположить наличие или отсутствие той или иной группы, и предсказать к какому классу относится вещество, то, конечно же, его нельзя считать самодостаточным для идентификации органических соединений. Для установления структуры органических соединений используют физико-химические методы анализа.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

К основным методам исследования относят различные виды спектроскопии – ИК, УФ, ЯМР, масс-спектропия. Выбор метода для установления структуры определяется в каждом конкретном случае. Например, для определения элементного состава, молекулярной массы вещества используют масс-спектропию. ЯМР-спектроскопия позволяет установить углеродный скелет молекулы (ЯМР-¹³C) и уточнить расположение в структуре групп, содержащих протоны, относительно друг друга (ЯМР-¹H). УФ-спектроскопия и спектроскопия в видимой области позволяет определить строение молекул с целью наличия в них определенных группировок, имеющих, как правило, кратные связи – хромофоры.

Для доказательства наличия ожидаемой функциональной группы достаточно воспользоваться инфракрасной (ИК) спектроскопией.

ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ

Данный метод основан на способности веществ поглощать электромагнитные излучения в диапазоне длин волн, соответствующих инфракрасной области (длина волны от 2,5 до 25 мкм (4000 – 400 см⁻¹)). Электромагнитное излучение может быть охарактеризовано либо энергетическими, либо волновыми параметрами. Волновой параметр является наиболее употребимым и выражается длиной волны (λ) или частотой (волновым числом) (ν), измеряемой в см⁻¹. λ и ν взаимосвязаны: $\nu=1/\lambda$.

График зависимости интенсивности прошедшего через вещество излучения в % (процент пропускания) от длины волны λ называется *спектром*. Спектр в ИК-спектроскопии представляет собой набор пиков или полос поглощения. Строение исследуемого соединения определяет *количество, расположение и интенсивность* полос поглощения. ИК-спектры обуславливаются переходами между двумя колебательными уровнями молекулы, находящейся в основном электронном состоянии. При поглощении кванта излучения происходит ее переход в возбужденное состояние, соответствующее более высокому колебательному уровню. Колебания, при которых изменяются длины связей, называются *валентными* (ν). Изменение валентного угла связи обусловлено *деформационными колебаниями* (δ).

Многочисленные экспериментальные исследования большого числа молекул, содержащих одинаковые химические группы, показали, что независимо от их структурного окружения, частоты поглощения этих функциональных групп близки по значению, т.е. находятся в узком интервале частот. Влияние структурных фрагментов при переходе от одного класса соединения к другому на частоту поглощения функциональной группы незначительно. Такие частоты и соответствующие им группы атомов называются *характеристическими*. Например, к ним относят колебания групп $-\text{CH}<$, $-\text{CH}_2-$, $-\text{CH}_3$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}-$, $-\text{NH}_2$, $>\text{C}=\text{C}<$, $>\text{C}=\text{O}$, $-\text{C}\equiv\text{C}-$ и многие другие.

Интенсивность полос оценивается качественно, например, слабая, средняя и сильная.

Существуют таблицы характеристических частот, позволяющие интерпретировать ИК-спектры (см. далее). Расшифровка спектров сводится к обнаружению характеристических полос поглощения, обусловленных колебаниями отдельных групп атомов в молекуле.

Пользуясь таблицей, в интерпретируемом соединении выделяют связи, которые дают в ИК-спектре характеристические полосы, и находят диапазон частот колебания этих связей.

ИК-спектр условно делят на четыре области.

I. область 3700 – 2900 см⁻¹

В виде полос проявляются валентные колебания связей атома водорода с атомами углерода, кислорода, азота, серы, т.е. C–H, O–H, N–H, S–H.

II. область 2500 – 1900 см⁻¹

Проявляются полосы характеристических групп, имеющих тройную связь –C≡C–, –C≡N.

III. область 1900 – 1300 см⁻¹

Это область двойных связей. Проявляются валентные колебания связей >C=C< алкенов, >C=C< ароматического кольца, >C=N–, >C=O, NO₂ и другие.

IV. область менее 1300 см⁻¹(«область отпечатков пальцев»).

Проявляются колебания углеродного скелета всей молекулы и трудно поддаются идентификации по табличным данным. Однако на эту область обращают особое внимание, поскольку каждое соединение в этой области имеет индивидуальное поглощение, которое существенно изменяется даже при небольших изменениях в структуре соединения.

**СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ
НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП**

Тип соединения	Связь	Диапазон частот, ν , см ⁻¹	Интенсивность полос (примечание)
1	2	3	4
Насыщенные углеводороды	ν_{C-H} δ_{C-H}	2970-2850 1470-1350	средняя
Метиленовые группы -CH ₂ -	ν_{CH_2} δ_{CH_2}	2936-2916 1475-1450	сильная средняя
Алкены Для группы =CH ₂ RHC=CHR' (транс) RR'C=CHR'' RHC=CHR' (цис)	ν_{C-H} ν_{CH-R} $\nu_{C=C}$	3060-3095 3010-3040 1678-1668 1675-1665	симм. дизамещенные алкены вал. C=C не проявляют

$\text{RHC}=\text{CH}_2$ $\text{RHC}=\text{CH}_2$ $\text{R}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\delta_{\text{C-H}}$	1662-1652 1648-1638 1000-650 890 990-910	
Алкины Концевая тройная связь	$\nu_{\text{-C}\equiv\text{C-}}$ $\nu_{\equiv\text{C-H}}$	2300-2100 3300-3200	В ацетилене и его симм. гомологах колебания тройной связи не проявляются
Ароматические соединения Колебания кольца (4 полосы) Монозамещенные орто-дизамещенные мета-дизамещенные пара-дизамещенные	$\nu_{\text{Cар-H}}$ $\nu_{\text{Cар-Cар}}$ $\delta_{\text{Cар-H}}$	3100-3000 1600-1450 900-670 710-690 770-730 770-690 710-690 810-750 840-810	средние слабые переменные
Карбонильные соединения Ароматич. альдегиды Ненасыщен. альдегиды Алкиларилкетоны Диарилкетоны Ароматич. альдегиды	$\nu_{\text{C=O}}$ $\nu_{\text{C-H}}$	1715-1695 1715-1695 1700-1690 1670-1660 2900-2820 2775-2700	сильная слабая
Спирты Первичные	$\nu_{\text{O-H}}$ (свободные) (связанные) $\nu_{\text{C-O}}$ $\delta_{\text{O-H}}$	3650-3580 3550-3200 ~1050 1350-1260	переменная широкая сильная слабая

Вторичные	ν_{C-O}	~1100	сильная
Третичные	ν_{C-O} δ_{O-H}	~1150 1410-1310	слабая переменная
Фенолы	ν_{O-H} (свободные) (связанные) ν_{C-O} δ_{O-H}	3650-3580 3550-3200 1260-1180 1410-1310	сильная слабая
Карбоновые кислоты	ν_{O-H} (связанных)	2700-2500	сильная
Алифатические	ν_{C-O} $\nu_{C=O}$	1380-1280 1725-1700	
Ненасыщенные	$\nu_{C=O}$	1715-1690	
Ароматические	$\nu_{C=O}$	1700-1680	
Сложные эфиры	$\nu_{C=O}$ ν_{CO} ν_{C-O-C}	1750-1715 1280-1160 1140-1080	сильная
Простые эфиры Алифатические	ν_{C-O-C}	1150-1085	сильная

При отнесении частот спектра важно учитывать физическое состояние образца (ИК-спектры измеряют и для самих соединений и для их растворов), химическую природу растворителя (растворитель должен быть инертен, не иметь собственных полос поглощения в исследуемой области), концентрация, температура и т.д. Перечисленные факторы могут привести к смещению частот колебаний.

Некоторые рекомендации при расшифровке ИК-спектров:

Следует отметить, что не существует строгих правил для проведения расшифровки спектров. Алгоритм обсуждения зависит как от объема

имеющейся информации, так и от характера задачи, поставленной перед исследователем.

1. При решении задач не стоит ограничиваться нахождением только одной полосы поглощения, необходимо использовать совокупность всех полос, характеризующих данный структурный элемент.
2. В первую очередь внимание обращают на хорошо разрешенные полосы поглощения, например, области 3600-3100, 3100-2800, 2800-1800, 1800-1300 см^{-1} .
3. Частоты колебаний в области 3100-2800 см^{-1} следует рассматривать совместно с полосами поглощения в областях 1650-1400 и 1000-900 см^{-1} .

Эталон ответа на вопрос билета при защите практических навыков

Задание: Представлены спектры двух соединений – фенола и бензилового спирта. Сопоставьте спектр и соединения.

1. По каким признакам в ИК-спектре можно предсказать структуры предложенных соединений?
2. Какими реакциями можно подтвердить различие в строении указанных веществ?

Ответ:

1. Задача состоит в обнаружении в ИК-спектре характеристических полос, обусловленных колебаниями отдельных связей групп атомов в молекуле.

Пользуясь таблицей, выделяем связи, которые дают в спектрах характеристические полосы, а именно $\text{C}_{\text{ар}}=\text{C}_{\text{ар}}$ (колебания кратных связей кольца), валентные колебания связей $-\text{O}-\text{H}$, $-\text{C}-\text{H}$ алиф., $-\text{C}-\text{H}$ аром. Далее сравниваем положения теоретически предположенных полос с ИК-спектрами соединений (*рис.1* и *рис.2*), начиная с высокочастотной области.

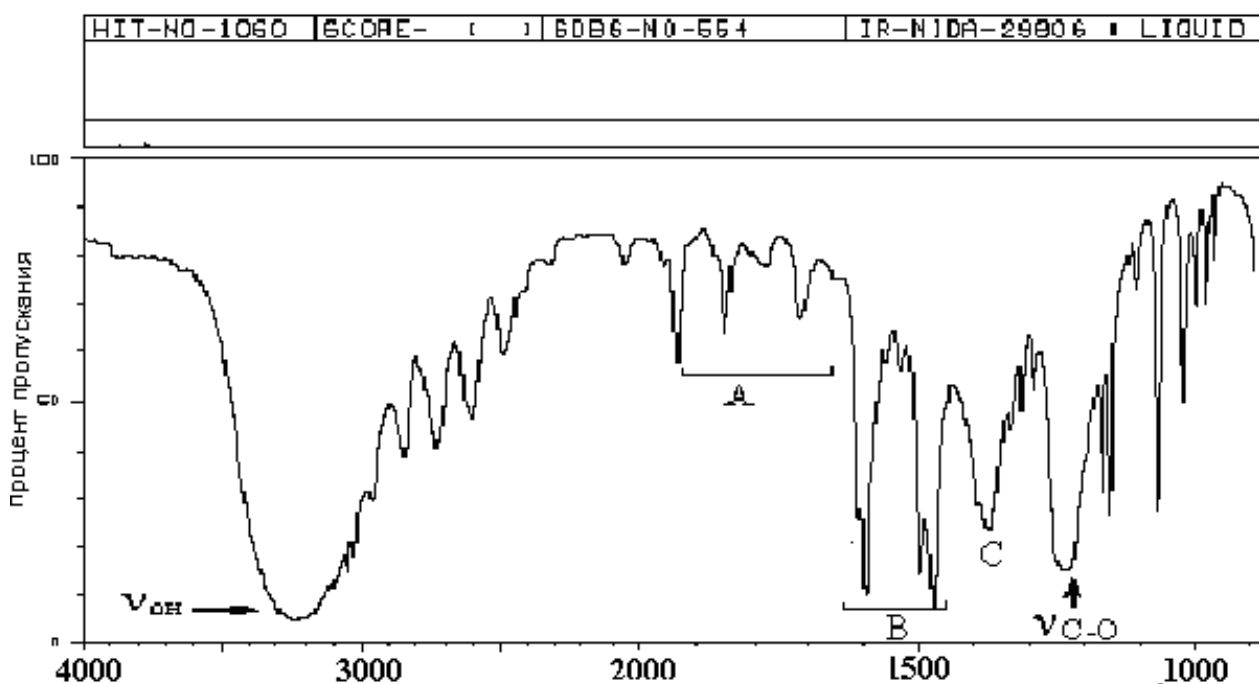


Рис.1. **Фенол:** $\nu_{OH} = 3229 \text{ см}^{-1}$; $\nu_{CHаром.} = 3048\text{--}3025 \text{ см}^{-1}$;
 A (обертоны): $1933\text{--}1632 \text{ см}^{-1}$; B: $\nu_{C=Carom.} = 1606\text{--}1474 \text{ см}^{-1}$;
 C: $\delta_{OH} = 1372 \text{ см}^{-1}$; $\nu_{C-O} = 1234 \text{ см}^{-1}$.

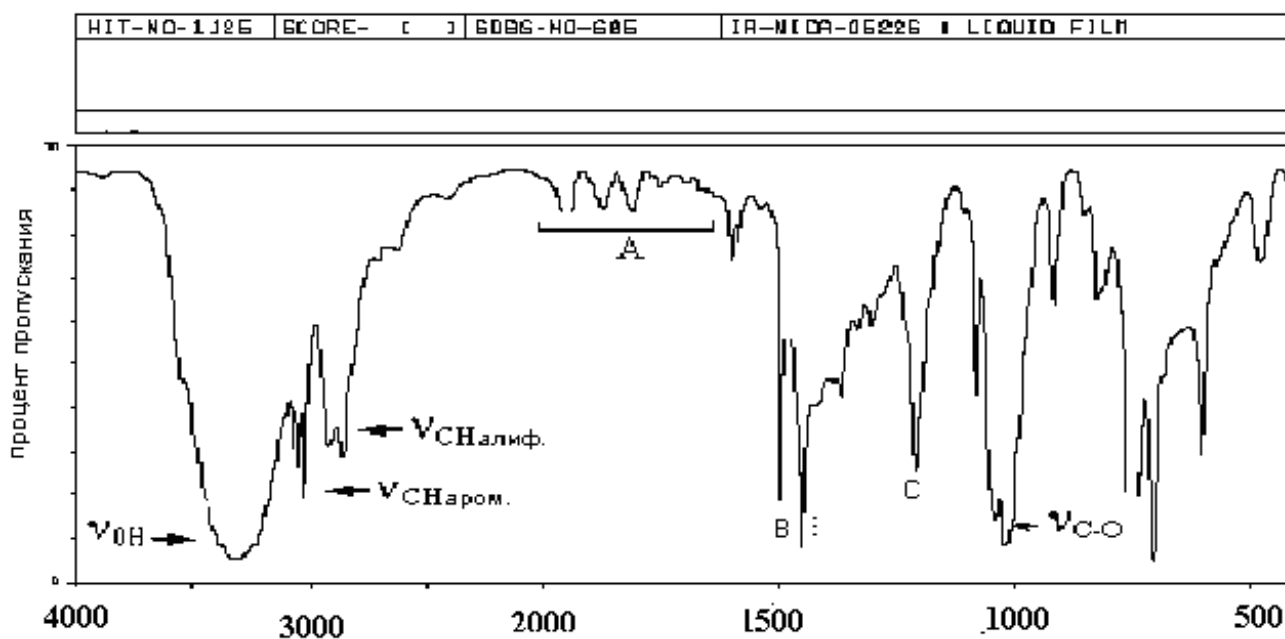


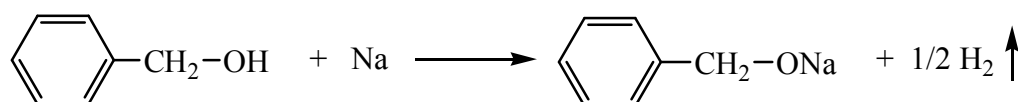
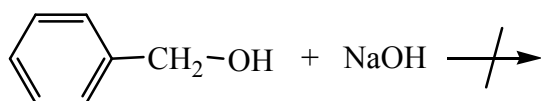
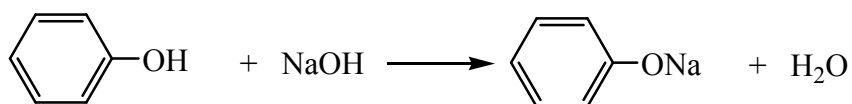
Рис.2. **Бензиловый спирт:** $\nu_{OH} = 3326 \text{ см}^{-1}$;
 $\nu_{CHаром.} = 3088\text{--}3051 \text{ см}^{-1}$; $\nu_{CHалиф.} = 2931\text{--}2876 \text{ см}^{-1}$;
 A (обертоны): $1962\text{--}1687 \text{ см}^{-1}$;
 B: $\nu_{C=Carom.} = 1497\text{--}1454 \text{ см}^{-1}$;
 C: $\delta_{OH} = 1209 \text{ см}^{-1}$; $\nu_{C-O} = 1039\text{--}1018 \text{ см}^{-1}$.

При рассмотрении спектра, представленного на *рис.1* видим интенсивную полосу поглощения при 3229 см^{-1} , которую можно отнести за счет валентных колебаний группы О–Н. Наличие ароматической системы определяется по поглощению в областях $1606\text{-}1474\text{ см}^{-1}$, характерным для колебаний бензольного кольца. Кроме того, наличие малоинтенсивных обертонов производных бензола (обозначены А) в области $1933\text{-}1632\text{ см}^{-1}$ подтверждает такое заключение. Появление полос поглощения в области 1234 см^{-1} связано с валентными колебаниями группы С–О–Н. Наличие пика в области 1372 см^{-1} относят к деформационным колебаниям О–Н группы, связанного с ароматическим кольцом. Ссылаясь на имеющиеся данные, спектр на *рис.1* можно отнести к фенолу.

При рассмотрении ИК-спектра на *рис.2*, наряду с другими характеристическими полосами, наличие полос поглощения в области $2931\text{-}2876\text{ см}^{-1}$ соответствует валентным колебаниям С–Н_{алиф.} и указывает на принадлежность спектра к структуре бензилового спирта.

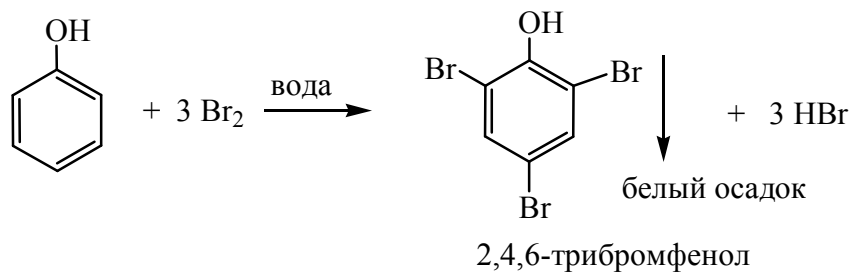
2. Отличие в строении соединений можно подтвердить химическими реакциями.

Разные кислотные свойства:

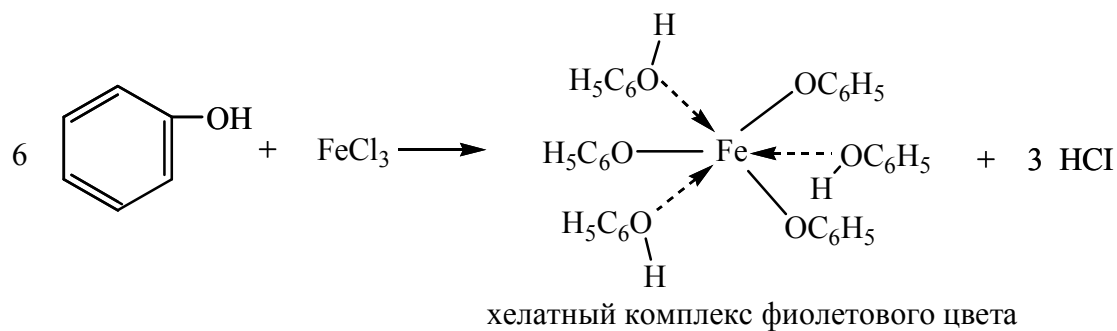


Реакции для обнаружения фенолов:

1. реакция на ароматическое кольцо в феноле



2. реакция на фенольный гидроксил



Бензиловый спирт не будет вступать в эти реакции.

ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЮ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

1. Напишите реакцию обесцвечивания бромной воды с лимоненом.
2. Будет ли камфора обесцвечивать бромную воду?
3. Какой спирт метиловый или изопропиловый будет активнее взаимодействовать с Na металлическим?
4. Будет ли ацетилсалициловая кислота образовывать окрашенное комплексное соединение с хлоридом железа (III)?
5. Какая кислота уксусная или щавелевая будет активнее вытеснять CO_2 из гидрокарбоната Na?
6. Приведите реакцию, доказывающую различные кислотные свойства фенола и уксусной кислоты.
7. Какие из перечисленных оксосоединений будут образовывать йодоформ ?
 - а) пропаналь
 - б) ацетофенон
 - в) бензальдегид
 - г) изопропилметилкетон
 - д) бутанон-2
 - е) дифенилкетон
8. Привести реакции, с помощью которых можно различить бутаналь и бутанон-2.
9. Будет ли фруктоза восстанавливать серебро под действием реактива Толленса ?
10. Будет ли гликоген образовывать хелатные соединения синего цвета с $\text{Cu}(\text{OH})_2$?
11. Будет ли метил- β ,D-глюкопиранозид восстанавливать медь в реактиве Толленса?
12. К какому классу соединений относится открытая форма β ,D-дезоксирибофуранозы, докажете это.
13. Сколько асимметрических атомов углерода в молекуле D-фруктозы?
14. Глутаминовая кислота – медицинский препарат для лечения эпилепсии и других нервных заболеваний. К какому типу аминокислот ее относят. Напишите для нее реакцию с HCl, с 2 молями CH_3OH .

15. Аминалон (γ -аминомасляная кислота) применяют при нарушении мозгового кровообращения. К какому классу органических соединений относится продукт нагревания аминалона? Напишите для γ -аминомасляной кислоты реакцию с азотистой кислотой, реакцию, подтверждающую наличие карбоксильной группы.
16. Укажите реагенты, с помощью которых можно различить 4-гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин) от восстановленного по кольцу аналога.
17. Сравните кислотные свойства воды и пропанола. Ответ подтвердите реакциями.
18. С помощью каких реагентов можно различить акриловую, уксусную и муравьиную кислоты?
19. С помощью каких реагентов можно различить андростерон (андрогенный половой гормон) от эстрадиола (эстрагенный половой гормон).
20. Классификация α -аминокислот.
21. Получите из глицина дикетопиперазин, будет ли полученное соединение давать биуретовую реакцию?
22. Триптофан – незаменимая α -аминокислота. Будет ли это соединение вступать в ксантопротеиновую реакцию?
23. Приведены спектры масляной кислоты и ее межклассового изомера. Сопоставьте спектр и соединения. По каким признакам в ИК-спектре можно предсказать структуры предложенных соединений? Какими реакциями можно подтвердить различие в строении указанных веществ?
24. Приведены спектры салицилового альдегида и бензойной кислоты. Сопоставьте спектр и соединения. По каким признакам в ИК-спектре можно предсказать структуры предложенных соединений? Какими реакциями можно подтвердить различие в строении указанных веществ?

25. Приведены спектры лимонена и ментана. Сопоставьте спектр и соединения. По каким признакам в ИК-спектре можно предсказать структуры предложенных соединений? Какими реакциями можно подтвердить различие в строении указанных веществ?
26. Приведены спектры трет.бутиловый спирта и его межклассового изомера. Сопоставьте спектр и соединение. По каким признакам в ИК-спектре можно предсказать структуры предложенных соединений? Какими реакциями можно подтвердить различие в строении указанных веществ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Органическая химия. Основной курс. Книга 1. Под редакцией Тюкавкиной Н.А. М.«Дрофа», 2002 г.
2. Практическое руководство по биоорганической химии. Под редакцией Н.А.Тюкавкиной. М., «Медицина», 1985 г.
3. Храмкина М.Н.Практикум по органическому синтезу.М., «Химия»,1987 г.
4. Казицына Л. А., Куплетская Н. Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М., «Высшая школа », 1971 г.
5. Смит. А. Прикладная ИК-спектроскопия. М., «Мир», 1982 г.
6. Юсубов М.С., Филимонова И.Л., Жолобова Г.А. Биологически активные соединения. Учебное пособие. Томск, ЗАО «Сибмедимпэкс», 2005 г.